บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

การออกแบบระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานต้องศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการวิจัยต่างๆ ซึ่งจำแนกได้เป็นสามส่วน คือ

ส่วนที่1 การสร้างพลังงาน ได้แก่ การบำบัดน้ำเสีย และการผลิตก๊าซชีวภาพ

ส่วนที่2 การหมุนเวียนพลังงาน ได้แก่ การบำบัดน้ำเสีย และการนำกลับมาใช้ใหม่

ส่วนที่3 ความต้องการใช้พลังงาน โดยการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า และก๊าซหุงต้ม

2.1 การบำบัดน้ำเสีย

2.1.1 หลักการ

น้ำเสีย หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น[1] ซึ่งลักษณะของน้ำเสียจะแตกต่างกันตามแหล่งที่มาและสารหรือจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องเข้าใจว่าน้ำเสียมีปริมาณและคุณภาพอย่างไร จึงจะสามารถเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย คำนวณหาขนาดระบบและอุปกรณ์บำบัดต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ประหยัดและเหมาะสมที่สุด

การบำบัดน้ำเสียสำหรับระบบสุขาภิบาลสร้างพลังงานนอกจากเพื่อลดค่าความสกปรกของน้ำเสียแล้ว ยังใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน อันเป็นกระบวนการที่สามารถทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้

2.1.2 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

แหล่งที่มาของน้ำเสีย คือ แหล่งกำเนิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท

---

[1] พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

ซึ่งในที่นี้ได้แบ่งแหล่งที่มาของน้ำเสียตามประเภทอาคารและจำแนกมลพิษที่เกิดจากอาคารประเภทต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงมลพิษหลักของแหล่งกำเนิดน้ำเสียต่างๆ

ประเภทอาคาร	แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	มลพิษหลัก
อาคารพักอาศัย	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
	ห้องครัว	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
อาคารพาณิชย์	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
	ห้องครัว	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
	กิจกรรมเฉพาะอย่าง	ตามประเภทของกิจกรรม
อาคารสำนักงาน	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
ห้างสรรพสินค้า	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
	ร้านอาหาร	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
	ร้านค้าพิเศษ	ตามประเภทของกิจกรรม
โรงพยาบาล	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
	ร้านอาหาร	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
	ห้องวิเคราะห์ทดลอง	เชื้อโรค
ร้านอาหาร	ร้านอาหาร	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
สถานอาบอบนวด	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
สถานศึกษา	ห้องน้ำ	สบู่ น้ำยาล้างห้องน้ำ
	ห้องส้วม	ปัสสาวะ อุจจาระ
	ร้านอาหาร	เศษอาหาร ไขมันจากเศษอาหาร
	ห้องปฏิบัติการ	สารเคมี
โรงงงานอุตสาหกรรม	กิจกรรมเฉพาะอย่าง	กรด ด่าง สารพิษ
กองขยะ	น้ำฝนชะกองขยะ	สารพิษ เชื้อโรค

2.1.3 ลักษณะของน้ำเสีย

1) ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย (Physical Characteristics of Wastewater)

(1) ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึงปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำเสีย ประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved Solids) และปริมาณของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended Solids) บางชนิดมีน้ำหนักเบา บางชนิดหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง (Settleable Solids) ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำอาจสร้างปัญหาการอุดตันในระบบบำบัด และหากปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิดความสกปรกและตื้นเขินในลำน้ำธรรมชาติ ตลอดจนบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

(2) กลิ่น (Odor) กลิ่นจากน้ำเสียมาจากก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่น ๆ เช่น กลิ่นจากโรงงานอุตสาหกรรม

(3) อุณหภูมิ (Temperature) น้ำเสียโดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำปกติ ทำให้น้ำเสียมีปริมาณออกซิเจนลดลงกว่าน้ำปกติ เนื่องจากค่าอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ก็จะสูงขึ้น รวมถึงการเจริญเติบโตของพืชที่ไม่ต้องการก็จะมีมากขึ้นด้วย

(4) สี (Color) สีของน้ำที่เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ เรียกว่า สีปรากฏ (Apparent Color) ส่วนสีของน้ำที่เกิดจากการย่อยสลายของพืชหรืออนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เรียกว่า สีแท้ (True Color) ซึ่งสีเหล่านี้เป็นตัวกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงถึงใต้น้ำ

(5) ความขุ่น (Turbidity) หมายถึงของแข็งแขวนลอยที่กั้นทางเดินของแสงในน้ำ เป็นผลให้การมองเห็นในน้ำมีระยะจำกัด ของแข็งแขวนลอยที่ก่อให้เกิดความขุ่นในน้ำอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งที่น้ำได้สัมผัส

2) ลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย (Chemical Characteristics of Wastewater)

(1) สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและน้ำมัน ซึ่งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน สามารถถูกย่อยสลายได้โดยทางชีวภาพ ส่วนไขมันและน้ำมันจะมีเสถียรภาพมากกว่าและจะถูกย่อยสลายโดยทางชีวภาพได้ยาก ทั้งนี้การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลง และเกิดสภาพเน่าเหม็นได้

ทฤษฎีการวัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในที่นี้ได้ยกตัวอย่างวิธีการวัดที่สำคัญดังนี้

BOD (Biochemical Oxygen Demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางชีววิทยา ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก

BOD_5 คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ในช่วงเวลา 5 วัน ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์หาค่า BOD_5 มีหลักการดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างน้ำเสียมาเติมอากาศจนแน่ใจว่าอิ่มตัวด้วยอากาศแล้ว
2. นำไปใส่ไว้ในขวดมาตรฐาน BOD 2 ขวด โดยปิดให้สนิท นำขวดหนึ่งมาทำการวัดค่า DO (Dissolved Oxygen) = DO_0
3. นำขวดที่เหลือไปเก็บในตู้มืดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน
4. หลังจากนั้นนำออกมาวัดค่า DO = DO_5
5. จะได้ค่าBOD_5 จากสมการ ดังนี้

$$BOD_5 = \frac{(DO_0 - DO_5)\ (\text{ปริมาตรของขวด BOD})}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างน้ำเสีย}}$$

COD (Chemical Oxygen Demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้เทียบหาค่าบีโอดีโดยคร่าวๆ ปกติ COD:BOD ของน้ำเสียชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

(2) สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดการเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

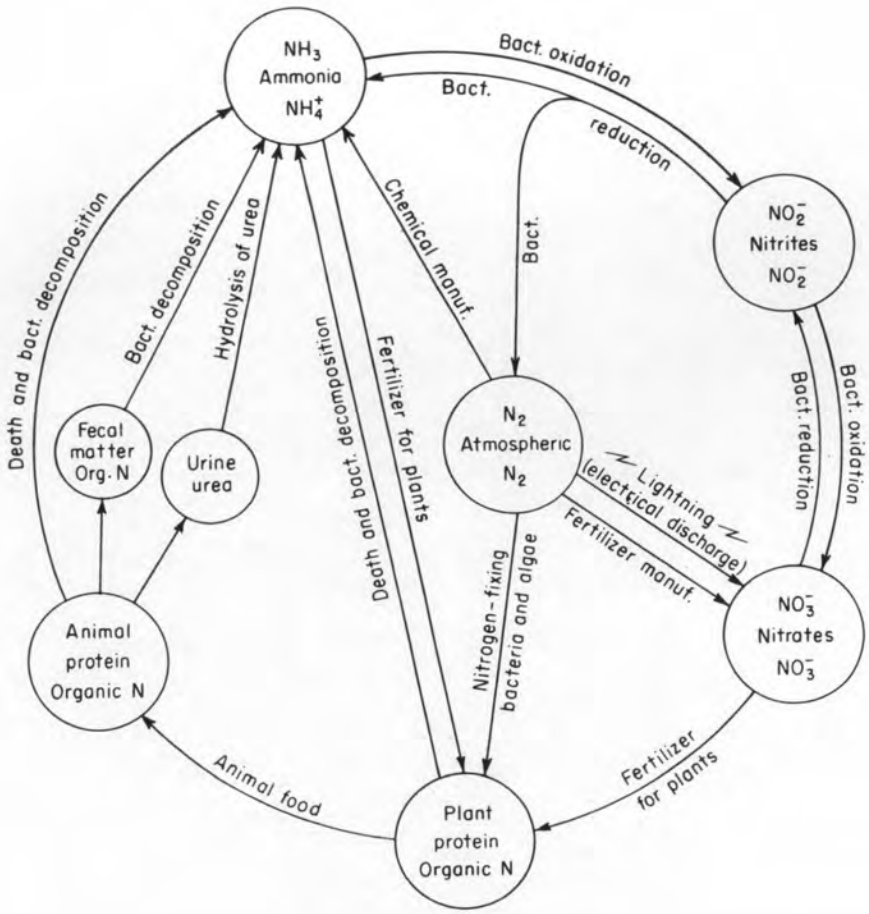
สารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่

pH (potential of Hydrogen) คือค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย มีค่าตั้งแต่ 0-14 หากมีค่าต่ำกว่า 7 แสดงว่ามีสภาพเป็นกรด และหากมีค่าสูงกว่า 7 แสดงว่ามีสภาพเป็นด่าง โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ pH ประมาณ 7

สภาพด่าง (Alkalinity) มีความสัมพันธ์กับค่า pH คือ ถ้าค่า pH ในน้ำเสียมีค่าน้อยกว่า 4.5 ค่า Alkalinity ของน้ำเสียจะมีค่าเท่ากับ 0 โดยจะมีแต่ค่า Acidity เท่านั้น แต่ถ้าค่า pH ในน้ำเสียมีค่ามากกว่า 8.3 ค่า Acidity ของน้ำเสียจะมีค่าเท่ากับ 0 โดยจะมีแต่ค่า Alkalinity เท่านั้น

คลอไรด์ (Chloride) สารคลอไรด์มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ อาจมาจากดินหรือหินซึ่งน้ำได้ไหลผ่าน หรือจากบริเวณชายฝั่งทะเลทั่วๆไป และไหลซึมเข้าสู่แผ่นดิน ค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในน้ำเสียสามารถบ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียได้ สารคลอไรด์ถ้ามีไม่มากเกินไปจะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เพียงแต่ทำให้น้ำมีรสเค็มเท่านั้น ซึ่งโดยปกติน้ำประปาไม่ควรมีคลอไรด์มากเกิน 250 มิลลิกรัม/ลิตร

ไนโตรเจน (Nitrogen) ธาตุไนโตรเจนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาจึงจำเป็นต้องมีสารไนโตรเจนในปริมาณที่พอเพียงในอัตราส่วน COD : N : P = 150 : 5 : 1 หรือ BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1 แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจเกิดปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายมาก หรือที่เรียกว่า สาหร่ายเบ่งบาน (Algal Blooms)

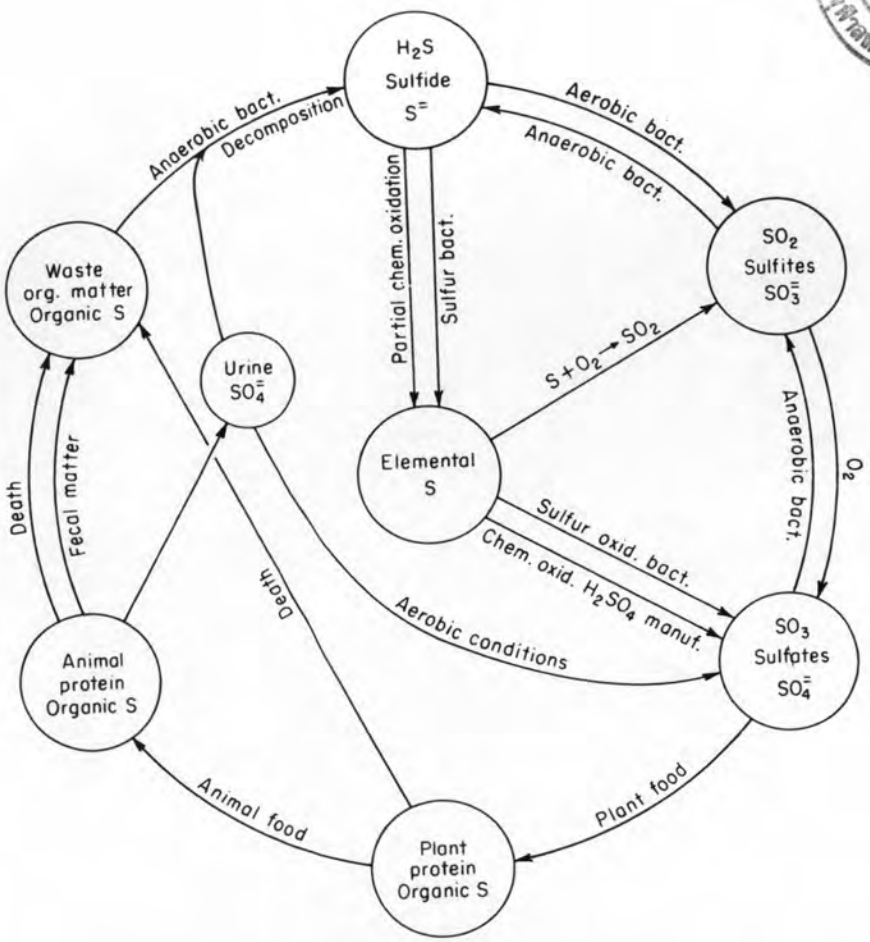


ภาพที่ 2.1 วัฏจักรไนโตรเจน

ที่มา : ธีระ เกรอต, วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539), หน้า 47.

ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ฟอสฟอรัสจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เช่นเดียวกับไนโตรเจน แต่ถ้ามีมากเกินไปก็อาจเกิดปัญหาการเจริญเติบโตของสาหร่ายมาก ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำเสื่อมโทรม

ซัลเฟอร์ (Sulfur) สารซัลเฟอร์มีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ และมีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด สำหรับกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ ซัลเฟต (SO_4^{-2}) สามารถถูกย่อยแปรเปลี่ยนไปเป็นซัลไฟด์ (S^{-2}) ซึ่งถ้ามีปริมาณซัลไฟด์มากเกิน 200 มิลลิกรัม/ลิตร อาจทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายลดลง และอาจไม่เกิดปริมาณก๊าซมีเทนเท่าที่ควร



ภาพที่ 2.2 วัฏจักรซัลเฟอร์

ที่มา : ธีระ เกรอต, วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดทางชีวภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539), หน้า 48.

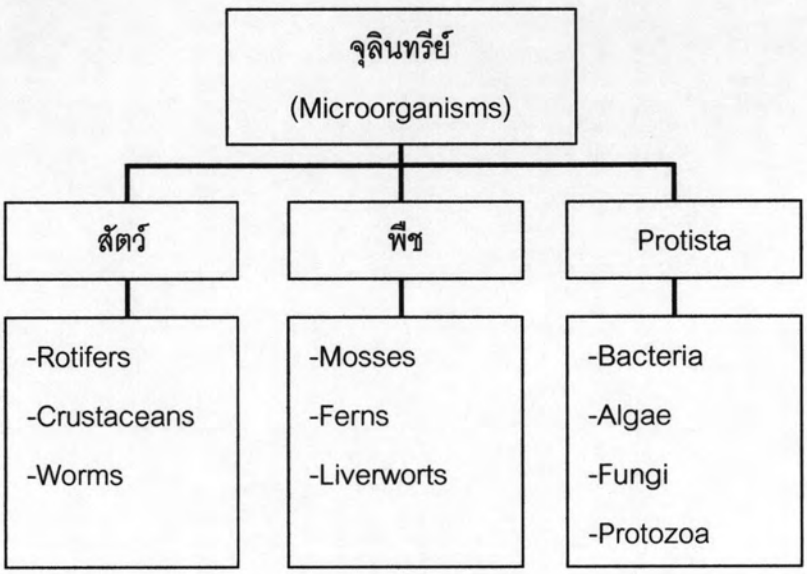
โลหะหนัก (Heavy Metals) สารโลหะหนักบางชนิดอาจจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ต้องมีปริมาณที่พอเหมาะ ได้แก่ โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) แต่สารโลหะหนักบางชนิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) และนิเกิล (Ni)

ก๊าซ (Gases) ก๊าซที่พบในน้ำเสีย ได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) ออกซิเจน (O_2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) และมีเทน (CH_4) ซึ่งไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และมีเทน จะเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic) โดยเฉพาะก๊าซมีเทนซึ่งไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่มีคุณสมบัติไวไฟ และสามารถทำให้เกิด

ระเบิดอย่างรุนแรงได้ ประโยชน์ของก๊าซมีเทน คือ ใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ใช้ในการให้ความร้อน หรือใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

3) ลักษณะทางชีววิทยาของน้ำเสีย (Biological Characteristics of Wastewater)

จุลินทรีย์ที่พบในน้ำเสียประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ดังนี้



ภาพที่ 2.3 แสดงการจำแนกประเภทของจุลินทรีย์ในน้ำเสีย

ทั้งนี้ได้ทำการรวบรวมลักษณะของน้ำเสียต่างๆ ไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน เล่ม 3 (กรุงเทพมหานคร: ซีเทคอินเตอร์เนชั่นแนล, 2538)

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่าง ๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน-หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงาน	ตารางเมตร	3.0

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, ข้อพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ สวสท.ครั้งที่ 3 (กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2536)

ตารางที่ 2.4 แสดงลักษณะน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1.ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มล./ล	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (COD)	มก./ล.	250	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	25	50
ไนโตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7.คลอไรด์ (Chloride)[1]	มก./ล.	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)[1]	มก./ล.	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10.ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.Total Coliform	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

หมายเหตุ : (1) เป็นค่าที่เพิ่มจากค่าที่ตรวจพบในน้ำใช้ปกติ

ที่มา : Metcalf and Eddy, Wastewater engineering: treatment disposal, and reuse, 3rd Ed. (McGraw-Hill: 1991)

ตารางที่ 2.5 แสดงตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

พารามิเตอร์	น้ำเสียจากส้วม	น้ำเสียจากห้องอาบน้ำ		น้ำเสียจากการซักผ้า		น้ำเสียจากครัว	
		ตักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	ด้วยเครื่อง	ผ่านตะแกรง	ไม่ผ่าน
pH	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	6.3
COD (mg/l)	1,500	230	400	200	560	960	2,900
BOD (mg/l)	700	120	260	70	150	540	1,800
TKN (mg/l)	300	8	38	14	12	18	120
PO_4 (mg/l)	24	6	1	10	24	13	90
SS (mg/l)	560	45	80	60	55	210	1,200
FOG (mg/l)	540	400	480	500	520	500	2,700

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกทม.และปริมณฑล (กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)

ตารางที่ 2.6 แสดงลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ

ลักษณะ	หอพัก		ภัตตาคาร		โรงพยาบาล	ตลาดสด	สำนักงาน		สถานบริการอาบอบนวด*	ห้างสรรพสินค้า	โรงภาพยนตร์	โรงแรม	อาคารชุด (คอนโดมิเนียม)
	จากส้วม	จากส่วนอื่นๆ	จากส้วมบำบัดแล้ว	จากครัวและส่วนอื่นๆ			จากส้วม	จากส่วนอื่นๆ					
pH	8.55	7.78	6.54	6.74	6.84	6.67	8.10	7.4	6.6	7.51	7.53	7.05	7.20
COD(mg/l)	1,290	135	1,785	3,164	350	2,528	392	96	117	253	110	311	221
BOD(mg/l)	723	75	919	1,759	238	1,172	181	41	55	81	60	190	151
TKN (mg/l)	329	19.2	55.1	63.2	15.2	76.5	44.1	9.7	14.1	66.8	72.7	23	33.7
PO_4 (mg/l)	6.8	3.9	3.2	2.6	3.29	5.1	2.0	0.4	14.7	10.1	2.7	1.8	2.0
SS (mg/l)	666	29	401	913	87.06	662	158	26	17.1	61	45	84	63
FOG (mg/l)	377	411	1,136	1,570	631	897	455	527	452.9	577	219	563	473

* บำบัดมาแล้วบางส่วน

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, น้ำเสียชุมชนและปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตกทม.และปริมณฑล (กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)

2.1.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของที่ตั้ง ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้

1) กระบวนการบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร กรวด ทราย น้ำมันและไขมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงดักขยะ ถังดักกรวดทราย ถังดักน้ำมันและไขมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก กระบวนการบำบัดทางกายภาพ ได้แก่

(1) ตะแกรง (Screen) ตะแกรงทำหน้าที่ดักเศษขยะต่างๆที่มากับน้ำเสีย เช่น เศษใบไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ซึ่งเป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและช่วยป้องกันการเสียหายที่อาจมีต่อเครื่องจักรกล เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น

(2) การบดตัด (Comminuting) เครื่องบดตัดทำหน้าที่บดตัดเศษขยะที่มาพร้อมกับน้ำเสีย ทำให้เศษขยะมีขนาดเล็กลง เป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้การย่อยสลายเป็นไปได้ง่ายขึ้น

(3) การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal) ตะกอนหนักจำพวก กรวด หิน ทราย หรือตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ตะกอนเหล่านี้จำเป็นต้องถูกกำจัดออกไปจากน้ำเสียเพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องจักรกล เพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย และเพื่อป้องกันมิให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายแก่ระบบบำบัดน้ำเสีย

(4) การกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Removal) วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมัน ได้แก่ การเติมคลอรีน การเป่าอากาศ การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ การทำให้ลอยแล้วกวาดน้ำมันและไขมันออกจากผิวน้ำ

บ่อดักไขมัน (Grease Trap)

บ่อดักไขมันใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากครัวของบ้านพักอาศัย ห้องอาหารหรือภัตตาคาร เนื่องจาก น้ำเสียดังกล่าวจะมีน้ำมันและไขมันปนอยู่มาก หากไม่กำจัดออกจะทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน โดยลักษณะน้ำเสียจากครัวของบ้านพักอาศัยกรณีที่ไม่ผ่านตะแกรงจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 2,700 มิลลิกรัม/ลิตร หากผ่านตะแกรงจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 500 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับลักษณะน้ำเสียจากครัวของภัตตาคารจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร ดังนั้น บ่อดักไขมันที่ใช้จะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ไขมันและน้ำมันมีโอกาสลอยตัวขึ้นมาสะสมกันอยู่บนผิวน้ำ เมื่อปริมาณไขมันและน้ำมันสะสมมากขึ้นต้องตักออกไปกำจัด เช่น ใส่ถุงพลาสติกทิ้งฝากรถขยะหรือนำไปตากแห้งหรือหมักทำปุ๋ย บ่อดักไขมันจะสามารถกำจัดไขมันได้มากกว่าร้อยละ 60 บ่อดักไขมันมีทั้งแบบสำเร็จรูปที่สามารถซื้อและติดตั้งได้ง่าย หรือสามารถสร้างเองได้ โดยใช้วงขอบซีเมนต์หรือถังซีเมนต์หินขัด ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าแบบสำเร็จรูป และสามารถปรับให้เหมาะสมกับพื้นที่และปริมาณน้ำที่ใช้

การสร้างบ่อดักไขมัน

การออกแบบบ่อดักไขมันสำหรับประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิสูง การจับตัวของไขมันช้า ดังนั้นระยะเวลากักพัก (Detention Time) ของบ่อดักไขมันจึงไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันและไขมันมีโอกาสแยกตัวและลอยขึ้นมาสะสมกันอยู่บนผิวน้ำ และตักออกไปกำจัดเมื่อปริมาณไขมันและน้ำมันสะสมมากขึ้น

เนื่องจากบ่อที่ใช้สำหรับบ้านเรือนจะมีขนาดเล็ก ทำให้ไม่คุ้มกับการก่อสร้างแบบเทคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นอาจก่อสร้างโดยใช้วงขอบซีเมนต์ที่มีจำหน่ายทั่วไปนำมาวางซ้อนกันเพื่อให้ได้ปริมาตรเก็บกักตามที่ได้คำนวณไว้ โดยทางน้ำเข้าและทางน้ำออกของบ่อดักไขมันอาจจะใช้ท่อรูปตัวที (T) หรือแผ่นกั้น (Baffle) สำหรับในกรณีที่น้ำเสียมีปริมาณมากอาจก่อสร้างจำนวนสองบ่อหรือมากกว่าตามความเหมาะสม แล้วแบ่งน้ำเสียไหลเข้าแต่ละบ่อในอัตราเท่า ๆ กัน

ตารางที่ 2.7 แสดงขนาดมาตรฐานบ่อดักไขมันแบบวงขอบซีเมนต์สำหรับบ้านพักอาศัย

จำนวนคน	ปริมาตรบ่อที่ต้องการ (ลบ.ม.)	ขนาดบ่อ		จำนวนบ่อ (บ่อ)
		เส้นผ่านศูนย์กลาง	ความลึกน้ำ (ม.)	
5	0.17	0.8	0.40	1
5-10	0.34	0.8	0.70	1
10-15	0.51	1.0	0.70	1
15-20	0.68	1.2	0.60	1
20-25	0.85	1.2	0.80	1
25-30	1.02	1.0	0.70	2
30-35	1.19	1.0	0.80	2
35-40	1.36	1.2	0.60	2
40-45	1.53	1.2	0.70	2
45-50	1.70	1.2	0.80	2

หมายเหตุ : ความสูงของวงขอบซีเมนต์ทั่วไปประมาณ 0.33 ม. ดังนั้นถ้าหากความลึกน้ำ = 0.40 ม. ต้องซ้อนกันอย่างน้อยสองวง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสูงของระดับฝาบ่อด้วย

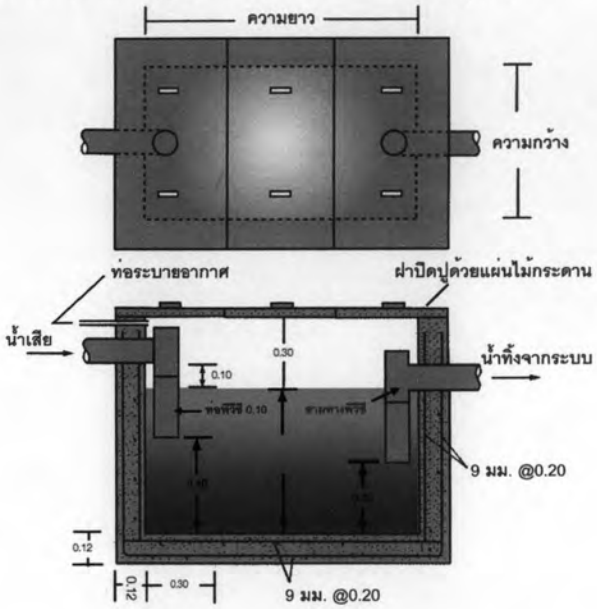
ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 32.

การใช้งานและดูแลรักษา

ปัญหาสำคัญของบ่อดักไขมัน ก็คือ การขาดการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดความสกปรกและส่งกลิ่นเหม็น เกิดการอุดตันหรืออาจเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงสาบและอื่นๆ ได้ รวมทั้งทำให้บ่อดักไขมันเต็มและแยกไขมันได้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซึ่งการดูแลรักษาควรดำเนินการอย่างสม่ำเสมอ ดังนี้

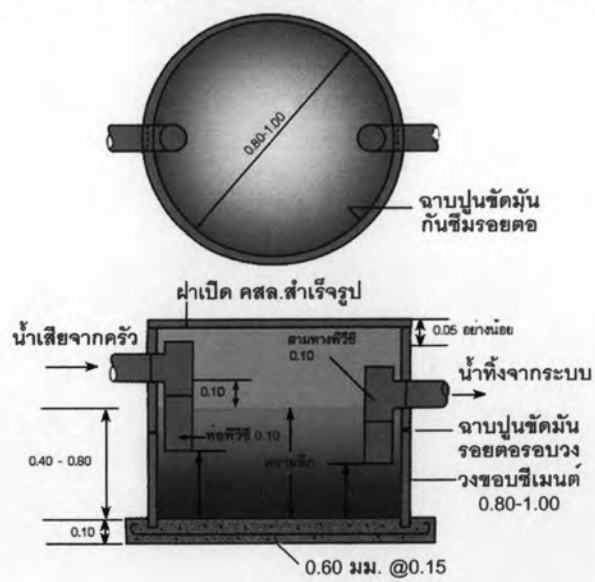
1. ต้องติดตั้งตะแกรงดักขยะก่อนเข้าบ่อดักไขมัน
2. ต้องไม่ทะลวงหรือแทงผลักให้เศษขยะไหลผ่านตะแกรงเข้าไปในบ่อดักไขมัน
3. ต้องไม่เอาตะแกรงดักขยะออก ไม่ว่าจะชั่วคราวหรือถาวร
4. ต้องหมั่นโกยเศษขยะที่ดักกรองไว้ได้หน้าตะแกรงออกสม่ำเสมอ
5. ห้ามเอาน้ำจากส่วนอื่นๆ เช่น น้ำล้างมือ น้ำอาบ น้ำซัก น้ำฝน เข้ามาในบ่อดักไขมัน
6. ต้องหมั่นตักไขมันออกจากบ่อดักไขมันอย่างน้อยทุกสัปดาห์ นำไขมันที่ตักได้ใส่ภาชนะปิดมิดชิดและรวมไปกับขยะมูลฝอย เพื่อให้รถเทศบาลนำไปกำจัดต่อไป
7. หมั่นตรวจดูท่อระบายน้ำที่รับน้ำจากบ่อดักไขมัน หากมีไขมันอยู่เป็นก้อนหรือคราบต้องทำตามข้อ 6 ถี่มากขึ้นกว่าเดิม

นอกจากนี้ยังมีบ่อดักไขมันสำเร็จรูป ดังนั้นการพิจารณาใช้ควรคำนึงถึงขนาดของถังที่ได้ตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและต้องตรวจสอบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมที่กำหนด เพื่อให้ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



ภาพที่ 2.4 แสดงบ่อดักไขมันแบบสร้างในที่

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 33.



ภาพที่ 2.5 แสดงบ่อดักไขมันแบบใช้วงขอบซีเมนต์

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 31.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(5) การตกตะกอน (Sedimentation) การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกเอาตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวลงของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ

(6) การทำให้ตะกอนลอย (Floating) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยการทำให้ตะกอนในน้ำเสียลอยขึ้นสู่บริเวณชั้นผิวน้ำ และทำการกวาดตะกอนทิ้งไป มักใช้กับตะกอนประเภทที่ยากแก่การตกตะกอน เช่น ไขมันสัตว์ ตะกอนเบาต่างๆ เป็นต้น วิธีการทำให้ตะกอนลอยได้แก่ การลอยตัวด้วยอากาศละลาย (Dissolved-air Floatation) การลอยตัวด้วยอากาศ (Air Floatation) และการลอยตัวด้วยสุญญากาศ (Vacuum Floatation)

(7) การกรอง (Filtration) การกรองโดยมากมักกรองตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำทิ้งที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนที่สอง ทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านระบบกรองน้ำสามารถลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (TSS) และค่า BOD ลงไปได้อีกมาก

2) กระบวนการบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมี เพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค กระบวนการบำบัดทางเคมี ได้แก่

(1) การตกตะกอนผลึกทางเคมี Chemical Precipitation) กระบวนการนี้จะทำการเปลี่ยนสภาพของสารต่างๆที่อยู่ในรูปของสารละลาย (Soluble) ให้เป็นสารที่อยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ (Insoluble) โดยการเติมสารเคมี เช่น สารส้ม (Aluminum Sulfate), Ferric Chloride ($FeCl_3$), ปูนขาว (Lime) ลงไปผสมกับน้ำเสียอย่างทั่วถึง เมื่อผสมเข้ากันดีแล้วจะเกิดการจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับสารละลาย ทำให้สามารถแยกมลสารที่ไม่ต้องการออกจากน้ำเสียได้ด้วยวิธีการตกตะกอนผลึกทางเคมี

(2) การสร้างรวมตะกอนเคมี (Coagulation-Flocculation) กระบวนการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการเติมสารเคมีพวกสารสร้างตะกอน (Coagulants) ได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก เป็นต้น ผสมกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเล็กๆ ขั้นตอนที่สองคือการกวนอย่างช้าๆเพื่อให้เกิดสภาพรวมตะกอน (Flocculation) จนได้ตะกอนขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถตกตะกอนได้

(3) การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียอิเล็กตรอน (Electron) ของอะตอม ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของมลสารที่อยู่ในน้ำเสียจากมลสารที่มีพิษมากกลายเป็นมลสารที่มีพิษน้อย หรือไม่มีพิษเลย

(4) การเกิดรีดักชันทางเคมี (Chemical Reduction) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอิเล็กตรอนของอะตอม ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของมลสารที่อยู่ในน้ำเสียจากมลสารที่มีพิษมากกลายเป็นมลสารที่มีพิษน้อย หรือไม่มีพิษเลย

(5) การปรับ pH (pH Adjustment) สำหรับกระบวนการบำบัดน้ำเสียแล้ว ค่า pH ของน้ำเสียจำเป็นต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามประเภทของวิธีการบำบัด สารเคมีประเภทด่างที่ใช้ในการปรับ pH ให้สูงขึ้น ได้แก่ $CaCO_3$, CaO, $Ca(OH)_2$, MgO, $Mg(OH)_2$, Dolomitic Quick Lime, Dolomitic Hydrated Lime, NaOH, Na_2CO_3 สารเคมีประเภทกรดที่ใช้ในการปรับ pH ให้ต่ำลง ได้แก่ H_2SO_4, HCl, HNO_3, CO_2

(6) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นการกำจัดเชื้อจุลชีพต่างๆที่เป็นสื่อให้เกิดโรคติดต่อ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น การฆ่าเชื้อโรคมี 4 วิธี คือ 1) วิธีกายภาพ ได้แก่ วิธีฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต และวิธีฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน 2) วิธีเคมี โดยการเติมสารเคมีเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสีย เช่น คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน โอโซน ฟีนอล โลหะหนัก สบู่ สารซักฟอก สารประกอบแอมโมเนีย ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ แอลกอฮอล์ ยาย้อมสี ด่าง และกรด 3) วิธีทางกล เพื่อกำจัดสารตะกอนต่างๆที่มากับน้ำเสีย และ 4) วิธีแผ่รังสี เป็นการฆ่าเชื้อโรคโดยอาศัยรังสีแกมมา ซึ่งเป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้นพลังงานสูง ถูกส่งออกมาโดยนิวเคลียสของวัตถุกัมมันตรังสี เช่น โคบอลต์ 60

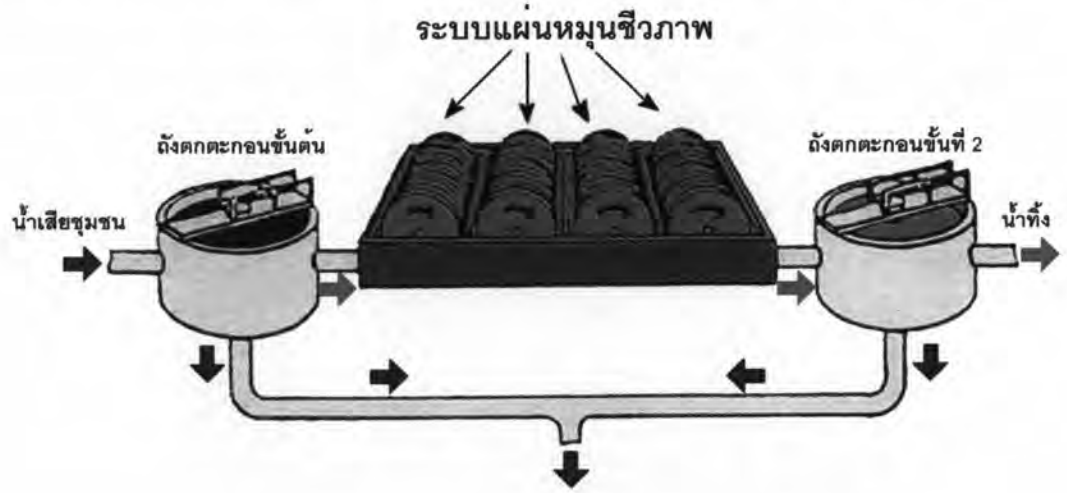
(7) การไล่ก๊าซ (Gas Stripping) เป็นการแยกหรือไล่ก๊าซออกจากน้ำเสีย มี 2 วิธี คือ 1) วิธีหอกระจายน้ำ ต้องมีการปรับ pH ของน้ำเสียก่อน แล้วจึงไหลลงผ่านหอกระจายน้ำซึ่งสวนทางกับกระแสลมที่เป่าขึ้น และ 2) วิธีเติมอากาศ โดยการเป่าอากาศหรือตีผิวน้ำด้วยใบพัดในถังเติมอากาศ

3) กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดสารอินทรีย์เจือปนในน้ำเสีย โดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหาร และเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งแบบใช้

ออกซิเจน (Aerobic Organisms) ซึ่งทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วแปรเปลี่ยนเป็นก๊าซ CO_2 และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ซึ่งทำการย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วแปรเปลี่ยนเป็นก๊าซ CH_4 กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ ได้แก่

(1) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters) ระบบนี้จะบรรจุตัวกลางอยู่ในถังเพื่อให้จุลชีพเกาะตามผิวตัวกลางมากๆ หลักการคือให้ออกซิเจนในอากาศผสมกับน้ำก่อนไหลผ่านผิวตัวกลาง ซึ่งมีจุลชีพเกาะอยู่เป็นเมือกหนาเพียงพอที่จะให้ออกซิเจนแทรกซึมผ่านเข้าไปได้ และเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

(2) ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบนี้ประกอบด้วยแผ่นกลมที่ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาพแวดล้อมในน้ำเสียได้ เช่น พลาสติก พีวีซี ยาง เป็นต้น แกนกลางเป็นเหล็กกันสนิมซึ่งถูกหมุนอย่างช้าๆ เวลาเก็บกักของถังประมาณ 40-250 นาที หลักการเหมือนกับระบบโปรยกรอง คือให้จุลชีพเกาะที่ผิวตัวกลางจนเป็นเมือกหนาปกคลุมแผ่นกลม ขณะที่แผ่นกลมหมุน ออกซิเจนในอากาศจะถ่ายเทผ่านผิวเมือกจุลชีพและนำออกซิเจนลงไปในน้ำเสีย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

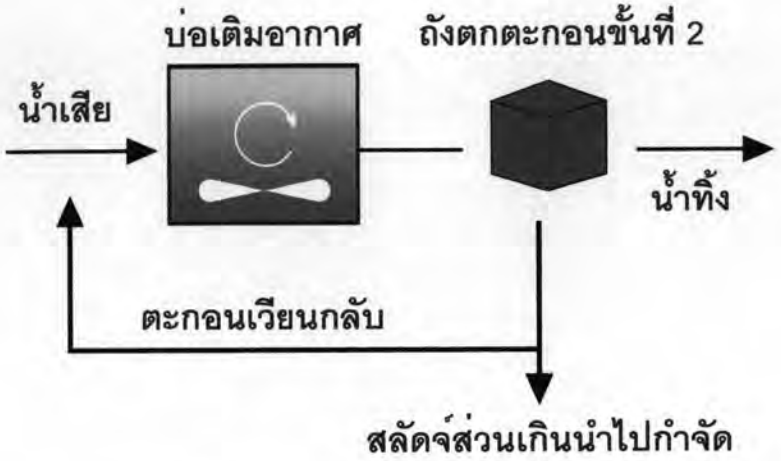


ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะทั่วไปของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, ระบบบำบัดน้ำเสีย[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th, 2547)

(3) ระบบเอเอส (Activated Sludge, AS) ระบบนี้ประกอบด้วยสองส่วน คือ ถังเติมอากาศ และถังตกตะกอน ภายในถังเติมอากาศจะมีระบบกวนให้จุลชีพแขวนลอยอยู่ในน้ำเสียตลอดเวลา สำหรับถังตกตะกอนทำหน้าที่แยกน้ำทิ้งออกจากกากตะกอน เพื่อปล่อยน้ำทิ้งที่ใสไหล

ล้นออกจากถัง ส่วนก้นถังจะมีตะกอนอยู่มากซึ่งมักนำกลับเข้าสู่ถังเติมอากาศ เพื่อควบคุมปริมาณจุลชีพให้พอเหมาะ หากมีตะกอนมากเกินความต้องการก็สูบถ่ายส่วนเกินออกไปบำบัดและกำจัดทิ้งต่อไป



ภาพที่ 2.7 แสดงระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, ระบบบำบัดน้ำเสีย[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th, 2547)

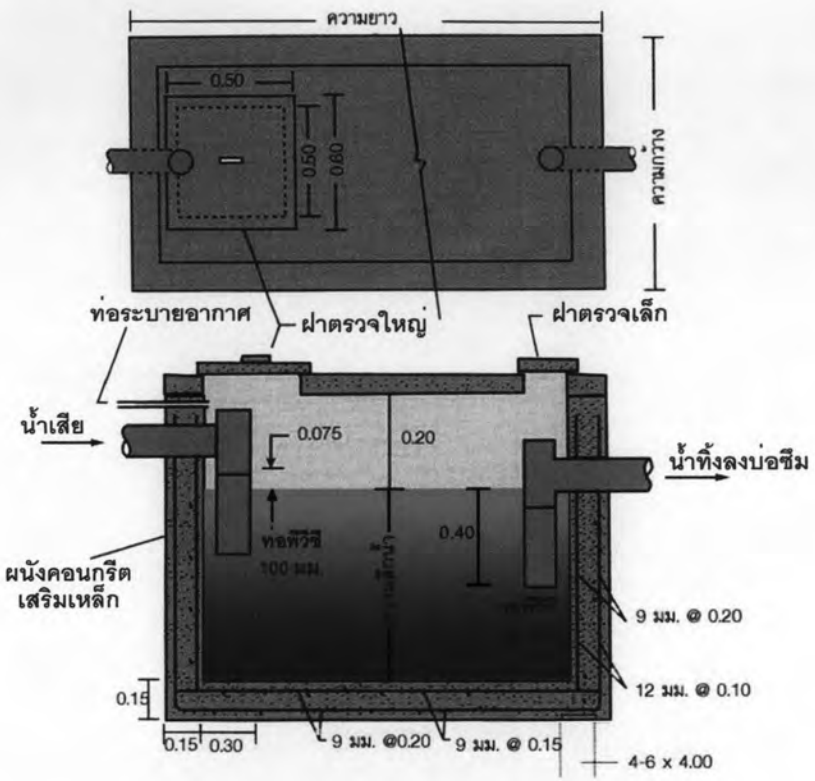
(4) ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ (Anaerobic Treatment) ระบบนี้เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจน สามารถประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และยังได้พลังงานจากระบบคือก๊าซมีเทน (Methane Gas) ระบบบำบัดแบบไร้อากาศมีหลายกระบวนการดังนี้

- บ่อหมัก (Anaerobic Pond) เป็นบ่อที่รับน้ำเสียที่มีปริมาณ BOD (กก./วัน) มากๆ จนทำให้บ่อไม่สามารถผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ อาจเป็นบ่อดินหรือบ่อคอนกรีตก็ได้ เวลาเก็บกักน้ำเสีย 1-200 วัน

- บ่อเกรอะ (Septic Tank) บ่อเกรอะมีลักษณะเป็นบ่อปิด ซึ่งน้ำซึมไม่ได้และไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นสภาวะในบ่อจึงเป็นแบบไร้อากาศ โดยทั่วไปมักใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากส้วม โดยเฉพาะระบบที่ต้องการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากหากมีการรวมน้ำเสียจากส่วนอื่นๆ เช่น จากครัว หรือจากการชำระล้าง จะทำให้ความเข้มข้นของน้ำเสียไม่พอเพียงสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในกรณีที่สิ่งที่ไหลเข้ามาในบ่อเกรอะมีแต่อุจจาระหรือสารอินทรีย์ที่ย่อยง่าย หลังการย่อยแล้วก็จะกลายเป็นก๊าซมีเทน น้ำ และกากตะกอน (Septage) การที่มีปริมาณกากตะกอนในปริมาณที่น้อย (อัตราการเกิดกากตะกอนประมาณ 1 ลิตร/คน/วัน) จึงทำให้บ่อไม่เต็มได้ง่าย แต่ถ้าหากมีการทิ้งสิ่งที่ย่อยหรือสลายยาก เช่น พลาสติก ผ้าอนามัย กระดาษชำระ สิ่งเหล่านี้จะยังคง

ค้างอยู่ในบ่อและทำให้บ่อเต็มก่อนเวลาอันสมควร จึงอาจต้องมีการสูบกากตะกอนในบ่อเกรอะออกเป็นครั้งคราว (ประมาณปีละหนึ่งครั้ง สำหรับบ่อเกรอะมาตรฐาน) เพื่อให้บ่อเกรอะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.8 แสดงบ่อเกรอะแบบมาตรฐานขนาดเล็ก

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 37.

ระบบบ่อเกรอะ เหมาะสำหรับน้ำเสียจากชุมชนที่มีปริมาณน้ำเสียไม่มากนัก ระบบนี้ก่อสร้างไม่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่เนื่องจากประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของบ่อเกรอะไม่สูงนัก คือประมาณร้อยละ 40-60 ทำให้น้ำทิ้งจากบ่อเกรอะยังคงมีค่าความสกปรกสูงเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงไม่สามารถปล่อยทิ้งลงแหล่งน้ำธรรมชาติหรือท่อระบายน้ำสาธารณะได้ จำเป็นจะต้องผ่านระบบบำบัดขั้นต่อไปอีก

ตารางที่ 2.8 แสดงคุณภาพของน้ำทิ้งจากถังเกรอะสำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป

คุณภาพ	ข้อมูล	คุณภาพ	ข้อมูล
pH	7-8.5	DO	0 (mg/l)
E.Coli	10^6-10^8/100 (mg)	อุณหภูมิ ณ 27°C ของอากาศ	5-15 (°C)
BOD_5	90-380 (mg/l)	COD	150-720 (mg/l)
TSS	40-350 (mg/l)	VSS	30-280 (mg/l)
TS	820 (mg/l)	TOC	130 (mg/l)
TN	30-50 (mg/l)	Org-N	9-15 (mg/l)
NH_3-N	20-35 (mg/l)	PO_4	20-30 (mg/l)
Cl^-	75-95 (mg/l)	Alkalinity ($CaCO_3$)	400 (mg/l)
ไขมัน	50-150 (mg/l)		

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, การบำบัดน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์, 2539), หน้า 238.

ตารางที่ 2.9 แสดงลักษณะของตะกอนในบ่อเกรอะ

พารามิเตอร์	ความเข้มข้นของตะกอน (มก./ล.)	
	ค่าโดยทั่วไป[1]	ค่าโดยทั่วไป[2]
1. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	6,000	5,000
2. ค่าของแข็งทั้งหมด (Total Solids: TS)	40,000	40,000
3. ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS)	15,000	20,000
4. ค่าไนโตรเจนในรูปที เค เอ็น (TKN)	700	1,200
5. ค่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย (NH_3)	400	350
6. ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)	250	250
7. ค่าไขมัน (Grease)	8,000	-

ที่มา : (1) Metcalf and Eddy, Wastewater engineering: treatment disposal, and reuse, 3rd Ed. (McGraw-Hill: 1991)

(2) สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, โครงการศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน เล่ม 3 (กรุงเทพมหานคร: ซีเทคอินเตอร์เนชั่นแนล, 2538)

ลักษณะของบ่อเกรอะ

ลักษณะที่สำคัญของบ่อเกรอะ คือ ต้องป้องกันตะกอนลอยฝ้าไข (Scum) และตะกอนจมไม่ให้ไหลไปยังบ่อเกรอะขั้นสอง เช่น ใช้แผ่นกั้นขวาง หรือท่อรูปตัวที (สามทาง) บ่อเกรอะที่ใช้อยู่ตามอาคารสถานที่ทั่วไปจะสร้างเป็นบ่อคอนกรีตในที่ ถ้าเป็นอาคารขนาดเล็กหรือ

บ้านพักอาศัยก็มักนิยมสร้างโดยใช้วงขอบซีเมนต์ซึ่งมีจำหน่ายตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป ซึ่งในปัจจุบันมีการสร้างถังเกรอะสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกในการก่อสร้างและติดตั้ง

ตารางที่ 2.10 แสดงข้อมูลออกแบบถังเกรอะ

ข้อมูลออกแบบถังเกรอะ	ขนาด
เวลาเก็บกักของถังเกรอะ	1 วัน (เฉพาะน้ำไหลเข้า)
ปริมาตรของน้ำเสียในถัง	อัตราไหลเข้าสูงสุดในรอบวัน, ลบ.ม.
ปริมาตรของตะกอนในก้นถัง	0.06 ลบ.ม./คน-ปี
ปริมาตรของฝาตะกอนลอยในถัง	0.02 ลบ.ม./คน-ปี
ระดับน้ำต่ำกว่าฝาปิดถัง	0.30 ม.
ระดับน้ำลึกในถัง	1.00 ม.
ขนาดท่อน้ำทิ้งเล็กที่สุดที่ยอมให้มี	100 มม.
ขนาดความยาวต่อความกว้างของถัง	> 3 : 1
ระยะห่างระหว่างชั้นตะกอนกับท่อออก	> 100 มม.
พื้นที่ผิวของชั้นตะกอน / ระดับน้ำลึก	> 3 ม.
ขนาดความจุน้อยที่สุดของถัง	3.80 ลบ.ม.

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, การบำบัดน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์, 2539), หน้า 238.

เกณฑ์การออกแบบ

การหาขนาดของบ่อเกรอะที่รับน้ำเสียเฉพาะน้ำเสียจากส้วมของบ้านพักอาศัย สามารถได้จากสูตร ดังนี้

1. กรณีจำนวนคนน้อยกว่า 5 คน ให้ใช้ปริมาตรบ่อขนาดตั้งแต่ 1.5 ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป
2. กรณีจำนวนคนตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป ปริมาตรบ่อ (ลูกบาศก์เมตร) = 1.5 + 0.1 (-5)

ตารางที่ 2.11 แสดงขนาดบ่อเกรอะที่รับน้ำส้วมจากบ้านพักอาศัย

จำนวนผู้พัก	ปริมาณน้ำส้วม (ลบ.ม/วัน)		ขนาดบ่อ (วัดจากระยะขอบบ่อด้านใน)			
	ราด	ชักโครก	ปริมาตร (ลบ.ม)	ความลึก (เมตร)	ความกว้าง (เมตร)	ความยาว (เมตร)
5	0.1	0.3	1.5	1.00	0.90	1.70
5-10	0.2	0.6	2.0	1.00	1.00	2.00
10-15	0.3	0.9	2.5	1.25	1.00	2.00
15-20	0.4	1.2	3.0	1.25	1.10	2.20
20-25	0.5	1.5	3.5	1.25	1.20	2.40
25-30	0.6	1.8	4.0	1.40	1.20	2.40
30-35	0.7	2.1	4.5	1.50	1.20	2.50
35-40	0.8	2.4	5.0	1.60	1.20	2.60
40-45	0.9	2.7	5.5	1.60	1.30	2.60
45-50	1.0	3.0	6.3	1.60	1.40	2.80

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 35.

การใช้งานและการดูแลรักษา

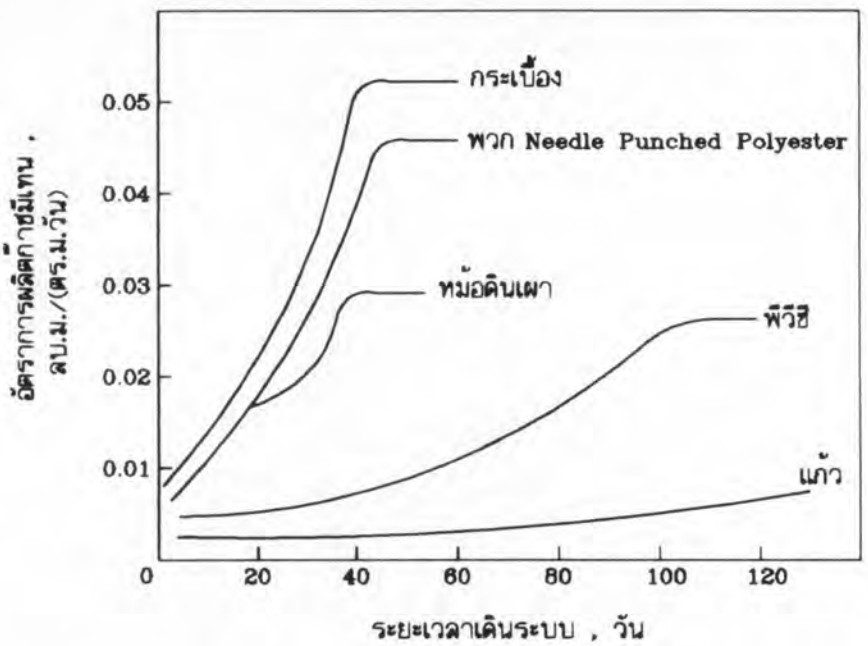
1. ห้ามเทสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ลงในบ่อเกรอะ เช่น น้ำกรดหรือด่างเข้มข้น น้ำยาล้างห้องน้ำเข้มข้น คลอรีนเข้มข้น ฯลฯ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อเกรอะลดลง เพราะน้ำทิ้งไม่ได้คุณภาพตามต้องการ

2. ห้ามทิ้งสารอนินทรีย์หรือสารย่อยยาก เช่น พลาสติก ผ้าอนามัย ฯลฯ ซึ่งนอกจากมีผลทำให้ส้วมเต็มก่อนกำหนดแล้วยังอาจเกิดการอุดตันในท่อระบายได้

3. ในกรณีน้ำในบ่อเกรอะสูงและราดส้วมไม่ลง ให้ตรวจดูการระบายของบ่อซึม (ถ้ามี) ว่ามีการซึมออกดีหรือไม่ ถ้าไม่มีบ่อซึม ปัญหาอาจมาจากน้ำภายนอกไหลท่วมเข้ามาในถัง ต้องแก้ไขโดยการยกถังขึ้นสูง ในกรณีใช้บ่อเกรอะสำเร็จรูป ให้ติดต่อผู้แทนจำหน่ายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขต่อไป

- บ่อกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter) ระบบบ่อกรองไร้อากาศเป็นระบบบำบัดแบบไม่ใช้อากาศเช่นเดียวกับบ่อเกรอะ แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดของเสียมากกว่า โดยภายในถังช่วงกลางจะมีชั้นตัวกลาง (Media) บรรจุอยู่ภายใน ตัวกลางต้องเป็นพวกที่ไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ ตัวกลางที่ใช้กันมีหลายชนิด เช่น ก้อนหิน หลอดพลาสติก ลูกบอลพลาสติก กรง

พลาสติก อิฐ ยาง ดินเผา และวัสดุโปร่งอื่นๆ เป็นต้น ตัวกลางเหล่านี้จะมีพื้นที่ผิวมากเพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มากขึ้น จากการศึกษาพบว่า ตัวกลางดินเผาจะมีประสิทธิภาพในการทำงานดีมาก เพราะมีผิวขรุขระมาก จุลชีพจะเกาะอยู่ตามผิวตัวกลางและในช่องว่างระหว่างตัวกลาง ทำให้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียภายในถัง ความลึกของตัวกลางประมาณ 1.20 เมตร หากมากเกิน 1.50 เมตร อาจเกิดปัญหาอุดตันหรือสูญเสียความดัน (Head Loss) ขึ้นได้ เวลาเก็บกักน้ำเสียอย่างน้อย 4 วัน สำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อฆ่าเชื้อโรค หาก 7 วันขึ้นไปจะได้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง



ภาพที่ 2.9 อัตราการผลิตก๊าซมีเทนกับตัวกลางประเภทต่างๆ ที่ใช้ในระบบถังกรองไร้อากาศ

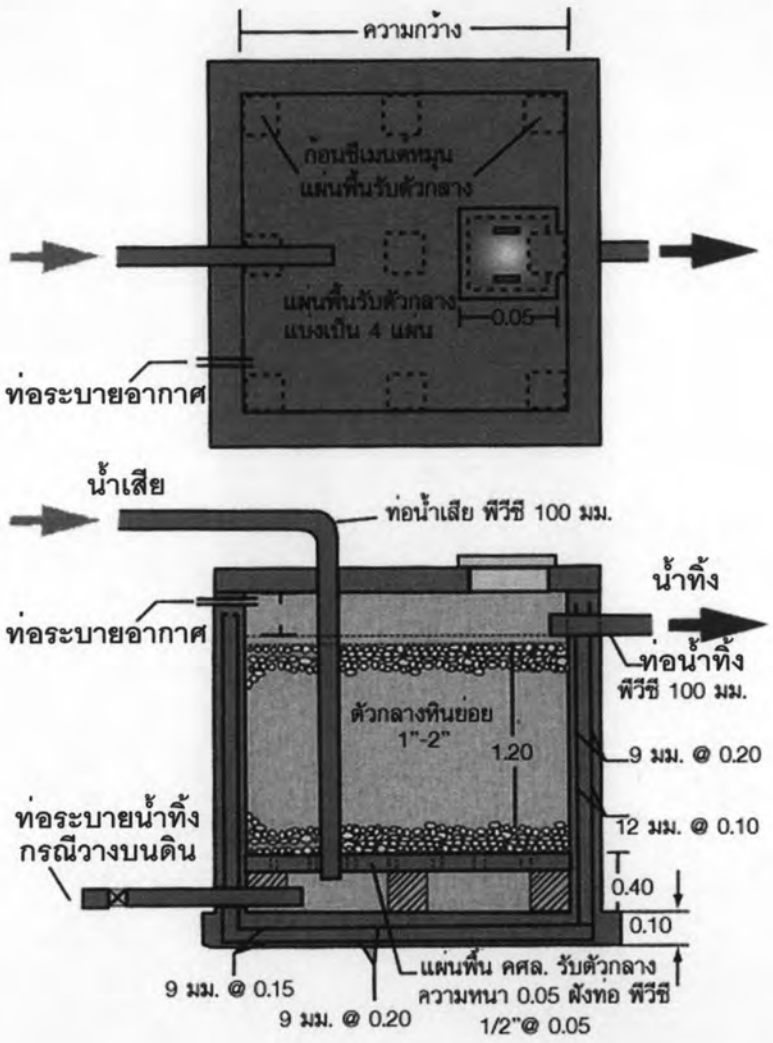
ที่มา : Van Den Berg et.al., Anaerobic Downflow Stationary Fixed Film Reactors, Performance Under Steady-state and Non-steady State Conditions, Water Science Technology, 1 (1985), pp.89-102.

น้ำเสียจะไหลเข้าทางด้านล่างของถังแล้วไหลขึ้นผ่านชั้นตัวกลาง จากนั้นจึงไหลออกทางท่อด้านบน ขณะที่ไหลผ่านชั้นตัวกลาง จุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นก๊าซกับน้ำ น้ำทิ้งที่ไหลล้นออกไปจะมีค่าบีโอดีลดลง

จากการที่จุลินทรีย์กระจายอยู่ในถังสม่ำเสมอ น้ำเสียจะถูกบำบัดเป็นลำดับจากด้านล่างจนถึงด้านบน ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีของระบบนี้จึงสูงกว่าระบบบ่อเกรอะ แต่อาจเกิดปัญหาจากการอุดตันของตัวกลางภายในถังและทำให้น้ำไม่ไหล ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัด

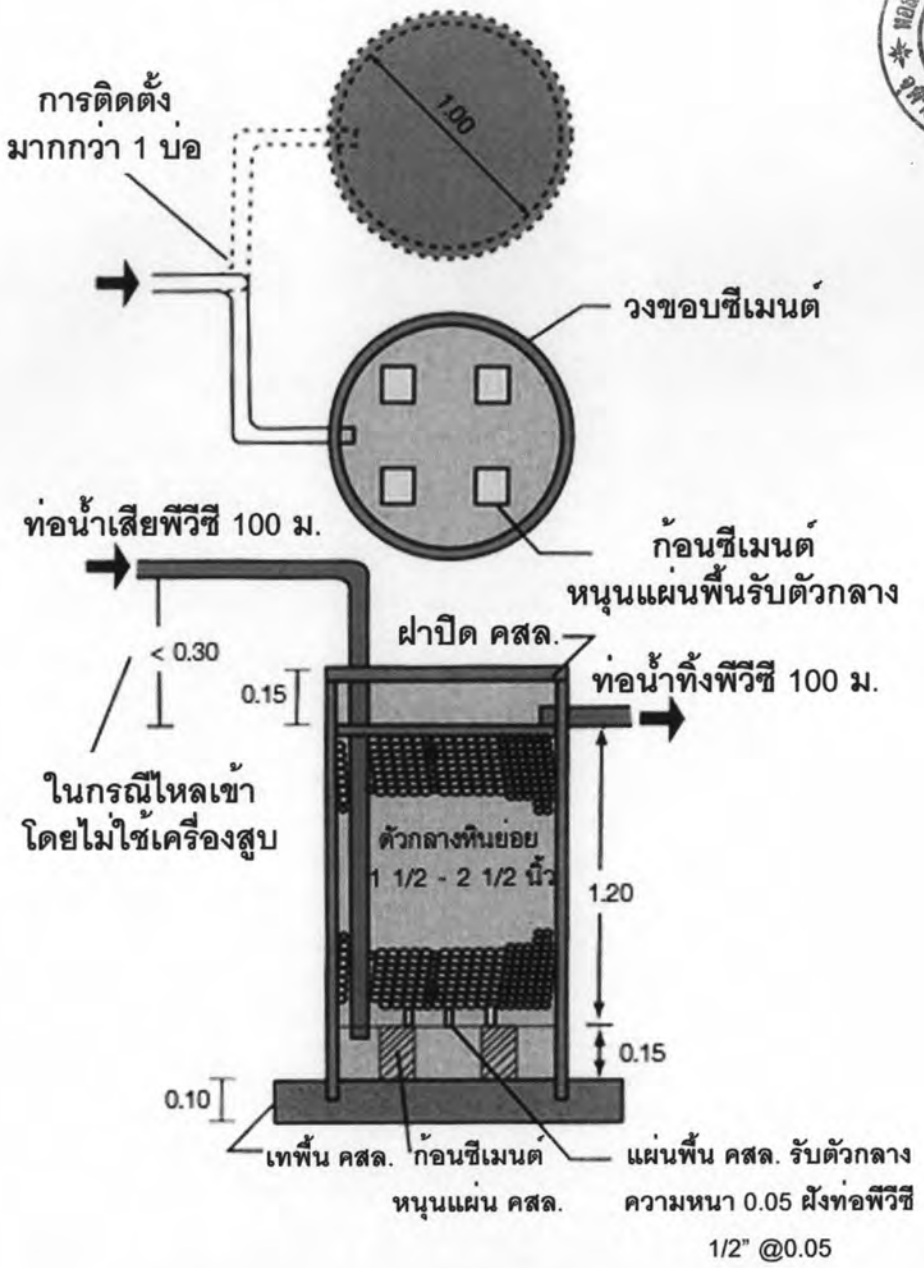
สารแขวนลอยออกก่อน เช่น มีตะแกรงดักขยะและบ่อดักไขมันไว้หน้าระบบ หรือถ้าใช้บำบัดน้ำส้วมก็ควรผ่านเข้าบ่อเกรอะก่อน

ถังกรองไร้อากาศอาจสร้างด้วยคอนกรีตในที่ หรือวงขอบซีเมนต์ หรือใช้ถังสำเร็จรูปที่มีการผลิตออกจำหน่ายในปัจจุบันอย่างไรก็ตาม หากออกแบบบ่อกรองไร้อากาศหรือดูแลรักษาไม่ดี นอกจากจะไม่สามารถกำจัดของเสียได้แล้ว ยังเกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวนได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.10 แสดงถังกรองไร้อากาศแบบมาตรฐาน

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 48.



ภาพที่ 2.11 แสดงถังกรองไร้อากาศแบบวงขอบซีเมนต์

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 45.

การใช้งานและการดูแลรักษา

1. ในระยะแรกที่ปล่อยน้ำเสียเข้าถังกรองไร้อากาศจะยังไม่มีการบำบัดเกิดขึ้น เนื่องจากยังไม่มีจุลินทรีย์เกิดขึ้น การเกิดขึ้นของจุลินทรีย์อาจเร่งได้โดยการตักเอาสลัดจ์หรือขี้เลนจากบ่อเกรอะหรือท้องร่องหรือก้นท่อระบาย ซึ่งมีจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศมาใส่ในถังกรองประมาณ 2-3 ปี๊บ

2. น้ำที่เข้าถังกรองควรเป็นน้ำที่ไม่มีขยะหรือก้อนไขมันปะปน เพราะจะทำให้ตัวกลางอุดตันเร็ว ส่วนวิธีแก้ไขการอุดตัน คือ ฉีดน้ำสะอาดชะล้างทางด้านบนและระบายน้ำส่วนล่างออกไปพร้อมๆ กัน

3. ถ้าพบว่าน้ำที่ไหลออกมีอัตราเร็วกว่าปกติและมีตะกอนติดออกมาด้วย อาจเกิดจากก๊าซภายในถังสะสมและดันทะลุตัวกลางขึ้นมาเป็นช่อง ต้องแก้ไขด้วยการฉีดน้ำล้างตัวกลางเช่นเดียวกับข้อ 2

ตารางที่ 2.12 แสดงคุณภาพน้ำทิ้งจากถังกรองไร้อากาศสำเร็จรูปของอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไป

ข้อมูล	ช่วงค่า	เฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	28-32	29.9
BOD_5 (mg/l)	20.5-41.9	31.2
COD (mg.N/l)	106-236	171
TKN (mg.N/l)	43-119	80.9
NH_3-N (mg.N/l)	35-111	73
Org-N (mg.N/l)	3.6-12.1	7.9
TP (mg.P/l)	4.5-19.1	11.8
TSS (mg/l)	10.1-55.3	32.7
TDS (mg/l)	225-444	334
SS (mg/l)	0-0.6	0.2
pH	6.8-7.8	7.3
โคไลฟอร์ม, MPN/100 mg/l	$1.6x10^5$-$7.5x10^5$	$4.6x10^5$

ที่มา : ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ สวสท.ครั้งที่ 3 (กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2536)

ตารางที่ 2.13 แสดงขนาดมาตรฐานถังกรองไร้อากาศสำหรับบ้านพักอาศัย

จำนวนผู้พัก	ปริมาตรตัวกลาง (ลบ.ม) (สูง 1.20 ม.)	ถังทรงกระบอก จำนวนถัง x สผก.(สูง 1.50 ม.)	แบบถังสี่เหลี่ยม	
			กว้าง x ยาว ($ม^2$) (สูง 1.50 ม.)	จำนวนถัง
5	0.5	1 x 1.00	-	-
5-10	1.0	2 x 1.00	-	-
10-15	1.5	3 x 1.00	-	-
15-20	2.0	3 x 1.20	-	-
20-25	2.5	4 x 1.20	-	-
25-30	3.0	-	1.6 x 1.6	2
30-35	3.5	-	1.7 x 1.7	2
35-40	4.0	-	1.8 x 1.8	2
40-45	4.5	-	1.9 x 1.9	2
45-50	5.0	-	20 x 2.0	2

หมายเหตุ : * สผก. = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

ที่มา : อุดร จารุรัตน์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ, คู่มือเล่มที่ 2 สำหรับผู้ออกแบบและผู้ผลิตระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2537), หน้า 47.

(5) ระบบบ่อธรรมชาติ (Pond System) ระบบนี้เป็นบ่อที่รับน้ำเสียเพื่อนำมาบำบัดหรือกำจัด BOD ด้วยวิธีธรรมชาติ คือ อาศัยการสังเคราะห์แสงเพื่อให้เกิดก๊าซ CO_2 หรืออาศัยการหมักแบบไม่ใช้อกซิเจนเพื่อให้เกิดก๊าซ CH_4 ระบบบ่อธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ บ่อมีออกซิเจน (Aerobic Pond) บ่อมี/ไม่มีออกซิเจน (Facultative Pond) และบ่อไม่มีออกซิเจน (Anaerobic Pond)

4) กระบวนการบำบัดทางกายภาพ-เคมี (Physiochemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ดีในระดับมาตรฐานสูง ใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย กระบวนการบำบัดทางกายภาพ-เคมี ได้แก่

(1) การดูดซับด้วยถ่าน (Carbon Absorption) ระบบนี้เป็นการดูดซับด้วยคาร์บอนเพื่อแยกสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำทิ้ง ถ่านที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ คาร์บอนแบบเม็ด (Granular Carbon) และคาร์บอนแบบผง (Powdered Carbon) ซึ่งเรียกรวมกันว่า Activated Carbon

(2) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) ระบบนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนประจุของสารปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย เช่น NH_4^+, Cu^{+2}, CrO_4^{-2}, Zn^{+2}, Ni^{+2} เป็นต้น ซึ่งมีมากในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด โดยมีการเติมสารลงไปในถังแลกเปลี่ยนประจุ เช่น NaCl, HCl, H_2SO_4, NaOH เป็นต้น ถังแลกเปลี่ยนประจุนี้มีน้ำเข้าแบบไหลลง มีตัวกลางบรรจุอยู่เกือบเต็มถัง ต้องมีการล้างถังอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนขังอยู่ในถังมากเกินไป และควรทำการปฏิรูปตัวกลางอย่างบ่อยครั้ง

(3) การกรองแบบ Ultrafiltration ระบบนี้เป็นระบบกรองที่ใช้แผ่นเยื่อกรองแบบ Porous Membrane อัดน้ำเข้าไปด้วยแรงพอประมาณ ซึ่งสามารถแยกสารปนเปื้อนทั้งแบบละลายน้ำและตะกอนเล็กมากๆได้

(4) ออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis, RO) ระบบนี้นิยมใช้แยกเกลือที่ละลายน้ำได้ด้วยการกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ณ ความดันสูงกว่าความดันขนาดออสโมติก (Osmotic Pressure) โดยนำไปใช้บำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพมาตรฐานสูง หรือนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด หรือนำไปใช้เป็นน้ำสำหรับอุปโภคบริโภค

(5) การแยกด้วยไฟฟ้าและเยื่อกรอง (Electrodialysis) ระบบนี้นิยมใช้แยกเกลือออกจากน้ำทะเล ประกอบด้วยขั้วเซลล์ประจุบวกและประจุลบ และแผ่นเยื่อกรองแบบซึมผ่านได้ (Permeable Membrane) ซึ่งจะจับสารปนเปื้อนที่มีประจุบวกและปล่อยให้สารที่มีประจุลบผ่านไปได้ น้ำทิ้งก่อนผ่านระบบนี้ต้องได้ผ่านการกำจัดหรือการแยกสารตะกอนเล็กๆ และสารอินทรีย์ขนาดโมเลกุลใหญ่ออกจากน้ำเสียแล้ว

2.1.5 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1) การบำบัดเบื้องต้น (Preliminary Treatment) เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) การกำจัดตะกอนหนัก การทำให้ลอย

2) การบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment) เป็นการบำบัดเพื่อแยกสารตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย ได้แก่ ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังดักกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขฝ้า (Skimming Devices)

การบำบัด น้ำเสียขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 - 40

3) การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ทั้งที่ละลายและไม่ละลายใน น้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกินสารอินทรีย์ได้รวดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไป ใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ บีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80

4) การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment) เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่นๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วย ป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องจากสี และแก้ไขปัญหาอื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองมิสามารถกำจัดได้ กระบวนการบำบัดขั้นสูง ได้แก่

(1) การกำจัดฟอสฟอรัส ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ

(2) การกำจัดไนโตรเจน ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ โดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจะมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต ที่เกิดขึ้นในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

(3) การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนร่วมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นการใช้ทั้งกระบวนการแบบใช้อากาศและไม่ใช้อากาศในการกำจัดไนโตรเจน โดยกระบวนการ

I23866455

ไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันร่วมกับกระบวนการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย (Phosphorus Luxury Uptake) ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการแบบไม่ใช้อากาศต่อด้วยกระบวนการใช้อากาศด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้โดยผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดี

(4) การกรอง (Filtration) ซึ่งเป็นการกำจัดสารที่ไม่ต้องการโดยวิธีการทางกายภาพ อันได้แก่ สารแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ยาก เป็นต้น

(5) การดูดติดผิว (Adsorption) ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียโดยการดูดติดบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นหรือก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเดียวกัน

2.1.6 การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสีย

การเลือกวิธีบำบัดน้ำเสียมีปัจจัยที่ควรพิจารณาดังนี้

1) ลักษณะของน้ำเสีย ทั้งลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี และลักษณะทางชีววิทยา

2) ระดับความต้องการในการกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสีย คือคุณภาพของน้ำที่ปล่อยทิ้งออกจากระบบบำบัด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสียว่าต้องการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ และถ้าต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ จะใช้สำหรับส่วนใดในระบบน้ำ

3) ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแต่ละวิธีบำบัดน้ำเสียจะมีประสิทธิภาพต่างกัน จึงเลือกใช้ระบบบำบัดตามวัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย

4) ขนาดพื้นที่สำหรับถังบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแปรตามปริมาณของน้ำเสีย และมีผลต่อการเลือกใช้วัสดุและโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย

5) สภาพบริเวณที่ตั้ง มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุและโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังมีผลต่อสภาพของน้ำในบริเวณนั้นๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำจัดหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสีย

6) ราคาค่าลงทุนก่อสร้าง วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างงบประมาณการก่อสร้าง และความคุ้มค่าในการลงทุน

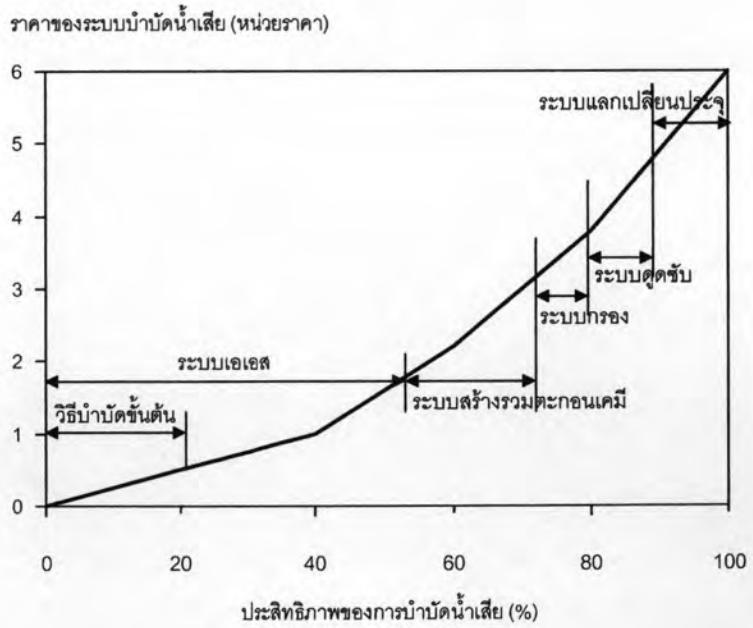
7) ราคาค่าบำรุงรักษาและดำเนินงาน โดยจะต้องทำการบำรุงรักษาระบบอยู่เป็นประจำ เพื่อให้ระบบบำบัดดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยืดอายุการใช้งานของระบบ

8) จำนวนเครื่องมืออุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในระบบบำบัด เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องเติมอากาศ ซึ่งล้วนเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

9) ความยากง่ายในการควบคุมดูแลระบบบำบัด หากระบบบำบัดมีความยุ่งยากซับซ้อน มีความจำเป็นต้องใช้ช่างผู้เชี่ยวชาญ เพื่อควบคุมดูแลให้ระบบบำบัดดำเนินไปได้ตามกระบวนการที่ออกแบบไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

10) ความสามารถของผู้ควบคุมดูแลระบบบำบัด คือความรู้ความสามารถและความเชี่ยวชาญของผู้ควบคุมดูแล ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด หากผู้ดูแลไม่มีความเชี่ยวชาญอาจทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง

ปัจจัยดังกล่าวข้างต้น เป็นสิ่งที่ต้องทราบและนำมาพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ โดยเฉพาะด้านราคาค่าลงทุน ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจ ทั้งนี้ได้แสดงการเปรียบเทียบหน่วยราคากับค่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียแบบต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 2.12 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยราคากับค่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, การบำบัดน้ำเสีย, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์, 2539), หน้า 81.

2.2 การผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน โดยประมาณร้อยละ 80-90 ของสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายและเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณร้อยละ 50-70 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณร้อยละ 30-50 ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

มีเทนเป็นก๊าซที่จุดติดไฟได้จึงสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี และเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เราสามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นพลังงานหมุนเวียน เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ส่วนก๊าซอื่นๆ คือแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์ตั้งต้นด้วยว่ามีส่วนประกอบของไนโตรเจน (N) และซัลเฟอร์ (S) มากน้อยเพียงใด

2.2.1 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

$$C, H, O, N, S \rightarrow CH_4 + CO_2 + NH_3 + H_2S + H_2O$$

2.2.2 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพ

ค่าความร้อนประมาณ	21 MJ/m^3 (ที่ปริมาณมีเทน 60 %)
อุณหภูมิจุดติดไฟของ CH_4	600 $^{\circ}C$
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/s
ค่าความจุความร้อน (Cp)	1.6 $kJ/m^3 - ^{\circ}C$
อัตรา A/F ในทางทฤษฎี	6.19 m^3a/m^3g
ความหนาแน่น (P)	1.15 kg/m^3
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650 $^{\circ}C$

2.2.3 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

1) ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้ว การลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า

ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี่ ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลุกไหม้ได้ 5-6 ชั่วโมง

เผาเพื่อให้ความร้อนและใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.20 กิโลวัตต์

เผาเพื่อให้ความร้อนและใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น ใช้กับเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น สามารถใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

ใช้แทนก๊าซหุงต้ม ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง เช่น ใช้กับเครื่องกกลูกสุกร และหม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler)

2) ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม การนำของเสียมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นให้ลดลง และผลจากการหมักของเสียในบ่อก๊าซชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในของเสียนั้นตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาตกโรค นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติด้วย

3) ด้านการเกษตร การทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ กากที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ เราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ควรใส่ อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

2.2.4 ผลเสียเมื่อปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศ

เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซที่ร่วมก่อภาวะเรือนกระจกที่ให้ผลรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 25 เท่า ดังนั้น หากปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศจะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจก หรือเร่งให้โลกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น

2.2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพปราศจากออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส[1]

2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน

3) อัลคาลินิตี้ (Alkalinity) ค่าอัลคาลินิตี้ หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตี้ที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอร์เนต ($CaCO_3$)

4) สารอาหาร (Nutrients) ได้แก่ ไขมัน (Fat) แป้ง (Carbohydrate) และโปรตีน (Protein) มีรายงานการศึกษาพบว่า สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ควรมีสารอาหารในสัดส่วน C:N และ C:P ในอัตรา 25:1 และ 20:1 ตามลำดับ

5) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย สามารถทำให้ขบวนการ ย่อยสลาย ในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

6) สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์ สำหรับขบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น

แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ ได้แก่ จากพืช จากสัตว์ จากมนุษย์

สถานะของสารอินทรีย์ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

ขนาดของสารอินทรีย์ ที่เหมาะสมควรมีขนาด 2 – 100 มิลลิเมตร

---

[1] Biswas J., Chowdhury R. and Bhattacharya P., "Kinetic studies of biogas generation using municipal waste as feed stock," Enzyme and Microbial Technology 38 (February 2006), pp 493-503.

2.2.6 สารอินทรีย์ตั้งต้นของก๊าซชีวภาพ

1) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีการใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อยใช้เป็นเชื้อเพลิงหม้อไอน้ำในโรงงานน้ำตาล แกลบใช้กับหม้อไอน้ำในโรงสีข้าว กากใยปาล์มและกะลาปาล์มใช้ในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มและโรงงานผลิตอิฐ ส่วนซังข้าวโพด เปลือกและกะลามะพร้าวใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

2) มูลสัตว์ มูลสัตว์จากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ และมูลมนุษย์จากน้ำเสียชุมชน

3) น้ำเสีย น้ำเสียทั้งจากประเภทน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

4) ขยะ จากชุมชน จากโรงงานอุตสาหกรรม และจากการกสิกรรม ซึ่งขยะจากแหล่งที่มาเหล่านี้ประกอบด้วยสารอินทรีย์เป็นสัดส่วนค่อนข้างมาก

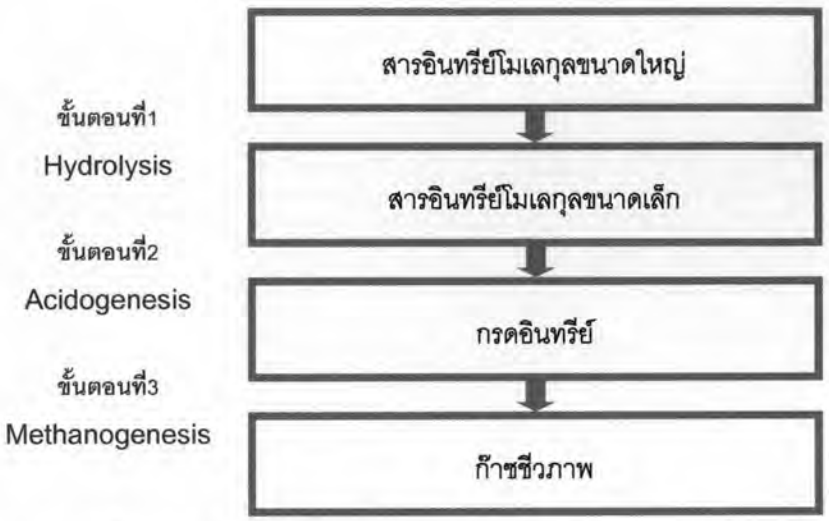
สารอินทรีย์ตั้งต้นเหล่านี้หากนำมาผ่านกระบวนการหมัก ฝังกลบ หรือการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะได้ผลผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันเตา ก๊าซหุงต้ม หรือผลิตกระแสไฟฟ้าทดแทนแหล่งพลังงานเดิมได้

2.2.7 เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพ

เทคโนโลยีระบบก๊าซชีวภาพ (Biogas System) อันประกอบไปด้วย ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ระบบนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน และระบบบำบัดของเสียขั้นหลัง เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยหลักการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยวิธีชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion) โดยสร้างสภาวะให้แบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ผลที่ได้จากการหมักย่อยคือส่วนผสมของก๊าซชีวภาพที่ติดไฟได้ ซึ่งมีก๊าซมีเทน (Methane) เป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 70%

การใช้ก๊าซชีวภาพเน้นให้ใช้ประโยชน์ทางด้านการผลิตความร้อนโดยตรงมากที่สุด เพราะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการใช้ประโยชน์สูง แต่หากมีความต้องการใช้ประโยชน์ในด้านอื่น เช่น การผลิตไฟฟ้า ก็ต้องนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปใช้เดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้าตามความต้องการ

กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2.13 แสดงกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ยังอยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ ไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีแบคทีเรียกลุ่มแรกปล่อยเอนไซม์มาช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล แบคทีเรียกลุ่มนี้จะได้รับสารอาหารบางชนิดจากสารอินทรีย์ผ่านการดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง

ขั้นตอนที่ 2 Acidogenesis ขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวแล้วจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ กรดอะซิติก (Acetic Acid), ไฮโดรเจน (H), คาร์บอน (C) และน้ำ (H_2O) เป็นต้น แบคทีเรียทีกลุ่มนี้เรียกว่า Acid Forming Bacteria เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน

ขั้นตอนที่ 3 Methanogenesis ขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ ไปเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจริง ๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid จากปฏิกิริยาก่อนหน้านี้

จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่มดังที่กล่าวมาแล้ว โดยความสามารถในการย่อยสลายของแต่ละกลุ่มก็จะมีผลซึ่งกันและกัน และมีผลต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับส่วนประกอบอื่น ซึ่งอาจเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากก็จะเหลือเป็นกากตะกอนอินทรีย์และสารอนินทรีย์ก็จะไม่มีการเปลี่ยนสภาพ หลังจากที่ออกจากระบบแล้ว

2.2.8 ประเภทของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant)

บ่อก๊าซชีวภาพ แบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบ และประสิทธิภาพ การทำงานได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ ดังนี้

1) บ่อหมักช้าหรือบ่อหมักของแข็ง บ่อหมักช้าที่มีการสร้างใช้ประโยชน์กันและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป มี 3 แบบหลักคือ

(1) แบบยอดโดมหรือแบบฟิกซ์โดม (Fixed Dome Digester) ลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม แบบนี้เหมาะสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์ม ง่ายต่อการต่อรางระบายมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่บ่อหมัก

(2) แบบฝาครอบลอย (Floating Drum Digester) หรือแบบอินเดีย (Indian Digester)

(3) แบบพลาสติกคลุมราง (Plastic Covered Ditch) หรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug Flow Digester) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูฝังในดิน ส่วนที่ใช้เก็บแก๊สจะใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า red-mud-plastic คลุมส่วนของบ่อหมักไว้ ข้อดีของบ่อแบบนี้ คือ เนื่องจากลักษณะของบ่อเป็นแนว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักมูลสุกรมากขึ้น ซึ่งถ้ามูลสุกรมีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นด้วย

2) บ่อหมักเร็วหรือบ่อบำบัดน้ำเสีย แบ่งได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

(1) แบบบรรจุตัวกลางในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Filter) หรืออาจเรียกตามชื่อย่อว่า แบบเอเอฟ (AF) ตัวกลางที่ทำได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ก้อนหิน กรวด พลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ไม้ไผ่ตัดเป็นท่อน เป็นต้น ในลักษณะของบ่อหมักเร็วแบบนี้ จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนบนตัวกลางที่ถูกตรึงอยู่กับที่ ก๊าซถูกเก็บอยู่ภายในพลาสติกที่คลุมอยู่เหนือราง มักใช้ไม้แผ่นทับเพื่อป้องกันแสงแดดและเพิ่มความดันก๊าซ

(2) แบบยูเอเอสบี (UASB หรือ Upflow Anaerobic Sludge Blanket) บ่อหมักเร็วแบบนี้ใช้ตะกอนของสารอินทรีย์ (Sludge) ที่เคลื่อนไหวภายในบ่อหมักเป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์เกาะ ลักษณะการทำงานของบ่อหมักเกิดขึ้นโดยการควบคุมความเร็วของน้ำเสียให้ไหลเข้าบ่อหมักจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ตะกอนส่วนที่เบาจะลอยตัว ไปพร้อมกับน้ำเสียที่ไหลล้นออกนอกบ่อ ตะกอนส่วนที่หนักจะจมลงก้นบ่อ

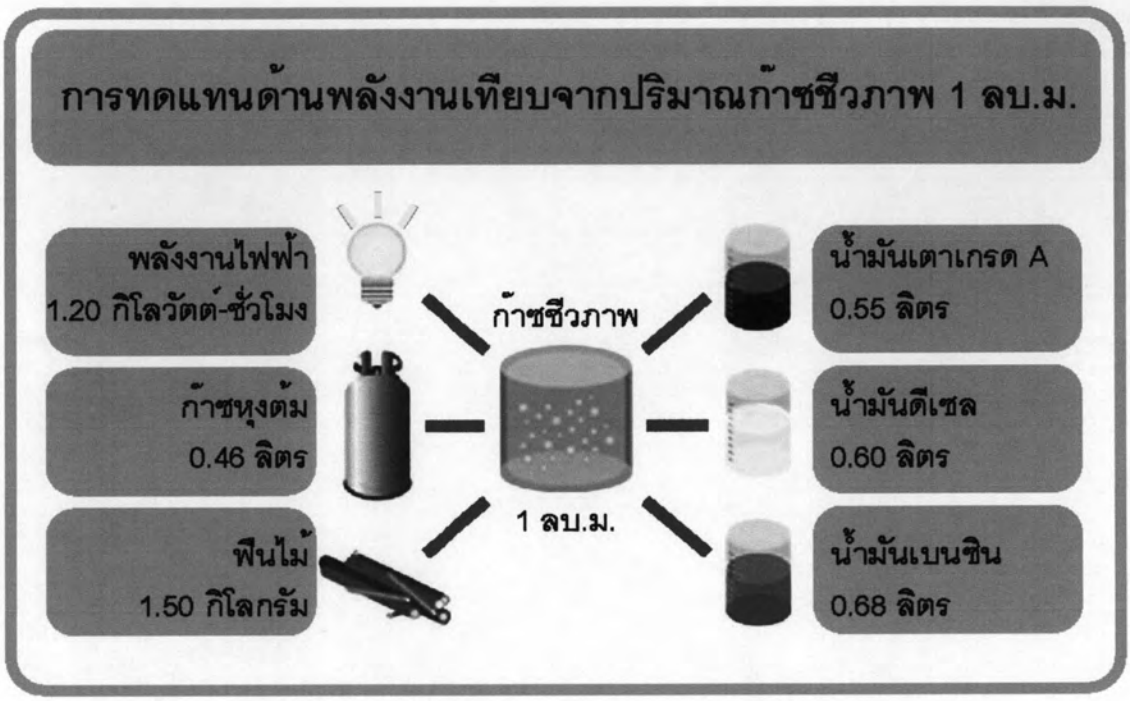
3) ระบบการกำจัดของเสียแบบไฮฟี (HYPHI) ระบบนี้ออกแบบขึ้นมาเพื่อกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกรระดับกลางถึงระดับใหญ่ หรือฟาร์มขนาดประมาณ 1,500 ตัว โดยเฉพาะ โดยมุ่งกำจัดทิ้งของเสียที่เป็นของแข็งได้แก่มูลสุกรและส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ปัสสาวะและน้ำล้างคอก ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อกำจัดของเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ คำว่าไฮฟี (HYPHI) ย่อมาจากคำว่า Hybrid Plug - flow High-rate System ระบบนี้ประกอบด้วยถังหมักตะกอนแบบหมักช้า (Plug - flow) และถังหมักของเสียเป็นน้ำแบบหมักเร็ว (High-rate) เข้าด้วย เพื่อทำให้ระบบการกำจัดของเสียดังกล่าวสามารถกำจัดของเสียที่เป็นน้ำได้ปริมาณมาก

2.2.9 การทดแทนด้านพลังงาน

ก๊าซชีวภาพ1ลบ.ม. เทียบเท่า

พลังงานไฟฟ้า	1.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันเตาเกรด A	0.55	ลิตร
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเบนซิน	0.68	ลิตร
ฟืนไม้	1.50	กิโลกรัม

การทดแทนด้านพลังงานเทียบจากปริมาณก๊าซชีวภาพ 1 ลบ.ม.



ภาพที่ 2.14 แสดงการทดแทนด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพ

2.2.10 การประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพในปัจจุบัน

1) โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ นำมูลสัตว์มาหมักให้เกิดก๊าซชีวภาพ ทั้งฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เช่นที่ สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (สทก.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีการปรับปรุงพัฒนาระบบก๊าซชีวภาพ ดังนี้

(1) MC-UASB-1 โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ฟาร์มขนาดกลาง

เป็นระบบผลิตก๊าซชีวภาพระบบบ่อหมักรางผสานกับบ่อยูเอเอสบี ทางสถาบันได้พัฒนาระบบผลิตก๊าซชีวภาพ และบำบัดน้ำเสียที่สามารถช่วยเหลือเกษตรกร และสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างให้อยู่ในช่วงราคาที่เหมาะสม และสามารถดำเนินการก่อสร้างโดยแรงงานท้องถิ่นเป็นหลัก โดยมีหลักการในการออกแบบดังนี้

เป็นระบบที่มีต้นทุนที่เหมาะสมต่อการลงทุนและไม่เกินกำลังหรือขีดความสามารถในการหาแหล่งเงินกู้ หรือเงินสะสมของเจ้าของฟาร์ม

เป็นระบบที่สามารถทำงานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในแง่การผลิตก๊าซชีวภาพ และบำบัดน้ำเสีย

ไม่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์ในการดูแลระบบ เป็นระบบที่ไม่ยุ่งยาก มีความสม่ำเสมอและดูแลรักษาง่าย

สามารถลดปัญหาและผลกระทบที่เกิดกับชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เรื่องกลิ่น น้ำเสียและแมลงวัน

(2) H-UASB โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ฟาร์มขนาดใหญ่

เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นจากระบบก๊าซชีวภาพแบบบ่อหมักรางตามด้วยบ่อหมัก UASB ทั้งนี้ ทางสถาบันได้ทำการศึกษา วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีมาอย่างต่อเนื่อง โดยการนำเอาข้อจำกัดหรือจุดด้อยของระบบก๊าซชีวภาพแบบต่างๆ มาปรับปรุงเพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

2) โรงงานอุตสาหกรรม ผลิตก๊าซชีวภาพจากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน หรือนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหมักให้เกิดก๊าซชีวภาพ

3) บ้านเรือนเกษตรกรในชนบท ชาวบ้านนำมูลสัตว์ที่เลี้ยง หรือเศษขยะจากการเกษตรมาหมักเป็นก๊าซใช้ทดแทนก๊าซหุงต้ม

2.3 การคำนวณการใช้พลังงาน

2.3.1 พลังงานไฟฟ้า สามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$E = P \times Time$$

เมื่อ E คือ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์-ชั่วโมง)

P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

Time คือ เวลาที่ใช้งาน (ชั่วโมง)

ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ถูกต้อง ควรคำนวณจากกำลังไฟฟ้าจริงตามคู่มือการใช้ของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ ในกรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าบอกค่าความต่างศักย์ (Voltage) และค่ากระแส (Ampere) มา สามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$P = V \times I$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

สำหรับกรณีที่กำลังไฟฟ้ามาจากไฟ 3 เฟส สามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$P = 3 \times V \times I \times \cos\theta$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

3 คือ รากที่ 2 ของจำนวนเฟส (3 เฟส)

$\cos\theta$ คือ ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ล้าหลัง

2.3.2 พลังงานก๊าซหุงต้ม

ปริมาณก๊าซหุงต้มที่ใช้ในการปรุงอาหาร 1 จาน $= \frac{\text{ปริมาณก๊าซหุงต้มมาตรฐาน 1 ถัง}}{\text{จำนวนอาหารที่ทำได้ (จาน)}}$

$= \frac{15}{735}$ กิโลกรัม

$= 0.02$ กิโลกรัม

สรุปได้ว่า ในการปรุงอาหาร 1 จาน ต้องใช้ปริมาณก๊าซหุงต้ม 0.02 กิโลกรัม